

THESIS

MUNICH

966

V
ex

Untersuchungen über das Verhalten der
Plastizität der Uterusmuskulatur
von Kaninchen während
und kurz nach der Schwangerschaft

ARBO STEIDLE



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der I. Frauenklinik der Universität München
Direktor Professor Dr. W. Bickenbach

Untersuchungen über das Verhalten der Plastizität der Uterusmuskulatur
von Kaninchen während und kurz nach der Schwangerschaft

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfasst und einer Hohen Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Arbo Steidle

aus

München

München 1965

Berichterstatter: Priv. Doz. Dr. F. Zimmer

Mitberichterstatter: Prof. Dr. W. Bickenbach

Dekan: Prof. Dr. O. Hug

Tag der mündlichen Prüfung: 9. Februar 1965

In der Schwangerschaft kommt es zu einer Vergrößerung der Gebärmutter. Neben den Wachstumsvorgängen des Myometriums (STIEVE, GANDER, FROBOESE) und Veränderungen seiner strukturellen Anordnung (GOERTTLER) spielen dabei auch Veränderungen der mechanischen Eigenschaften der Muskulatur (ZIMMER) eine Rolle.

Unter den mechanischen Eigenschaften der Muskulatur versteht man das plastische und elastische Verhalten eines Muskels. Sie kommen bei der passiven Dehnung besonders deutlich zum Ausdruck. Wird ein in isotonischer Anordnung aufgehängter Muskel durch Anhängen eines Gewichtes eine bestimmte Zeit lang passiv gedehnt, so nimmt seine Länge zu. Nach Abnahme des Dehnungsgewichtes verkürzt sich der Muskel wieder, erreicht jedoch nicht mehr seine Ausgangslänge, weil ein Dehnungsrückstand bleibt. Der Muskel ist nach der Dehnung wieder kürzer geworden, weil er elastisch ist; er bleibt aber länger wie vor der Dehnung, weil die Muskelfasern auch plastische Eigenschaften besitzen. Siehe Abb. 1

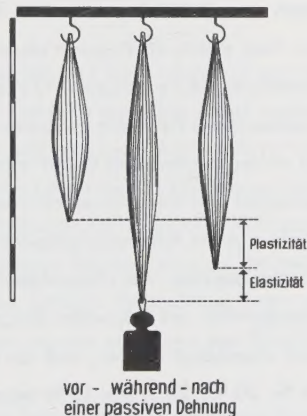


Abbildung 1 zeigt das Verhalten eines Muskelpreparates während und nach passiver Dehnung.

METHODIK

Zum Versuch kamen 28 geschlechtsreife Kaninchen, die nicht alle der gleichen Zucht und Rasse entstammten. Die Tiere unterschieden sich unwesentlich in Alter und Gewicht; im Durchschnitt wogen sie 4 Kilogramm. Bei diesen Kaninchen nahmen wir etwa vier Wochen vor den Experimenten unter aseptischen Bedingungen eine operative Unterbindung der linken Tube vor, sodaß es danach nur mehr zu einer unilateralen Schwangerschaft kommen konnte. Nachdem sich die Tiere von dem Eingriff wieder erholt hatten, wurden sie gedeckt.

Bei acht Tieren untersuchten wir das plastische Verhalten der Uterusmuskulatur am 10. Tag, bei sieben am 20. Tag und bei weiteren sieben Tieren am 28. Tag einer Schwangerschaft. Außerdem wurden diese Versuche noch bei sieben Tieren innerhalb der ersten 24 Stunden post partum durchgeführt. Zum Vergleich dienten die Uteri von fünf unbehandelten, geschlechtsreifen und nicht schwangeren Tieren.

Zur Gewinnung der Versuchspräparate entnahmen wir den gesamten Uterus dem durch Genickschlag getöteten Tier und entleerten ihn. Von beiden Hörnern untersuchten wir getrennt einen etwa 7 Millimeter breiten Muskelring aus dem Corpus uteri. Beim schwangeren Horn diente als Präparat ein zwischen zwei Fruchtanlagen gelegener Teil des Myometriums, das sogenannte "Zwischenstück". Zur Messung der plastischen Länge wurden diese Präparate zwischen zwei Röllchen aufgehängt, von denen das untere an einem Längenhebel fixiert wurde. Diese beiden Röllchen waren an den Enden zugespitzt und hatten je einen Durchmesser von 1,5 Millimeter. Nach Einführen der Röllchen in das Ringmuskelpreparat war damit die Ausgangslänge des Muskels mit 3 Millimeter gegeben. Am Längenhebel konnte ein Dehnungsgewicht, das dem 100-fachen Eigengewicht des Präparates entsprach, derart in verschiedenen Abständen zum Drehpunkt eingehängt werden, daß das Präparat durch das volle Gewicht oder nur durch 75 %, 50 %, 25 % und 10 % desselben gedehnt werden konnte. Siehe Abb. 2

Während des ganzen Experimentes wurden die Präparate mit körperwarmer, physiologischer Ringerlösung beriebelt.

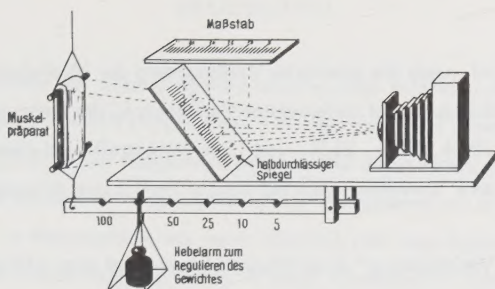


Abbildung 2 zeigt eine schematische Darstellung der Versuchsanordnung.

Für jede einzelne Längenmessung wurde das Präparat auf folgende Weise fotografiert: Am einen Ende einer "optischen Bank" befand sich das Präparat, am anderen eine einäugige Spiegelreflexkamera mit einem Balgengerät zur Naheinstellung und einem Teleobjektiv mit 90 Millimeter Brennweite. Die Kamera war auf einem Schlitten montiert, der eine seitliche Verschiebung ermöglichte; so konnten zwei Präparate während eines Versuchsganges nebeneinander aufgenommen werden.

Zwischen dem Versuchsobjekt und der Kamera war ein halbdurchlässiger Spiegel in einem Winkel von 45 Grad zur optischen Achse angebracht, der einen Maßstab ins Bild projizierte. Als solcher diente die Negativ-Platte der Aufnahme eines Maßstabes von 1,25 Meter Länge und 40 Zentimeter Breite, so daß die kleinste Unterteilung von 2,5 Millimeter in Natur $1/10$ Millimeter entsprach. Jede Aufnahme wurde durch mitfotografierte Angaben über das Präparat und seine Belastung gekennzeichnet. Für eine optimale Beleuchtung sorgte ein Elektronenblitz. Die Längenmaße der Präparate wurden direkt aus dem Filmbild ermittelt.

Eine direkte Messung der "plastischen Länge" eines Muskels, darunter versteht man die Länge des entlasteten Präparates nach einer passiven Dehnung, ist nicht möglich, denn ohne Belastung verbleibt die Länge eines Muskelringpräparates nicht mehr in einem meßbaren Zustand.

Aus diesem Grund wurde die plastische Verlängerung der Muskelpräparate ermittelt, indem die Länge bei stufenweiser Verringerung des Dehnungsgewichtes von 100 % auf 75 %, 50 %, 25 %, und 10 % festgestellt und eine aus diesen Werten konstruierte "Entdehnungskurve" bis zur Null-Linie extrapoliert wurde.

Als "plastische Verlängerung" eines Muskels bezeichnet man schließlich die Differenz zwischen der Ausgangslänge und der "plastischen Länge" eines gedehnten Präparates. Diese "plastische Verlängerung" von Muskelpräparaten, die 15 und 30 Minuten lang mit dem 100-fachen ihres Eigengewichtes gedehnt wurden, diente als ein vergleichbares Maß für die Plastizität der Uterusmuskulatur der Versuchstiere.

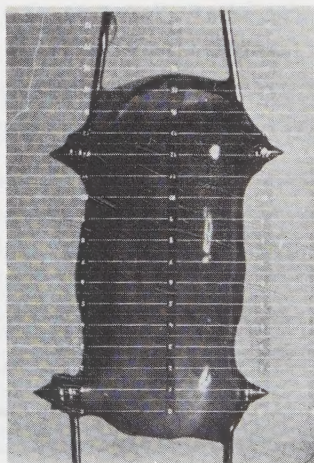


Abbildung 3 stellt die Aufnahme eines Muskelpräparates mit eingeblendetem Maßstab dar.

ERGEBNISSE

Bei der Entnahme der Uteruspräparate konnten nach Eröffnung des Abdomens deutlich makroskopische Unterschiede zwischen den Uteri schwangerer und nichtschwangerer Kaninchen festgestellt werden. Die nichtschwangeren, reifen Tiere hatten 6 - 8 Zentimeter lange, griffeldicke Uterushörner mit angedeuteter Gefäßzeichnung; im Mesometrium war meist reichlich Fett eingelagert. Bei den unilateral schwangeren Tieren fand man Uteri, in deren schwangerem Horn sich 2 - 7 Früchte rosenkranzartig aneinanderreichten. Zwischen den Früchten bestanden 1 - 2 Zentimeter breite Zwischenräume, die als "Zwischenstücke" bezeichnet wurden. Das unterbundene Horn enthielt keine Fruchtanlagen.

Je nach dem Zeitpunkt der Schwangerschaft waren die Früchte verschieden groß. Sie erreichten am 10. Tag der Schwangerschaft die Größe von Kirschen, am 20. Tag die von Taubeneiern und waren am 28. Tag fast so groß wie Pflaumen. Die Länge der trächtigen Uterushörner betrug im allgemeinen am 10. Tag der Schwangerschaft 10 - 12 Zentimeter, am 20. Tag 13 - 15 Zentimeter und am 28. Tag der Schwangerschaft 15 - 20 Zentimeter. Im Verlauf einer Schwangerschaft nahm die Vascularisation der Mesometrien erheblich zu.

Diese deutlich sichtbaren Schwangerschaftsveränderungen des Uterus stellen sich in ähnlicher Form auch an den unterbundenen Uterushörnern während der Schwangerschaft ein. Nach 20 Tagen erreichten die sterilen Uterushörner im allgemeinen Bleistiftstärke und eine Länge von 8 - 10 Zentimeter. Am Ende der Tragzeit waren sie oft kleinfingerdick und meist 11 - 12 Zentimeter lang.

Der Durchmesser des unterbundenen Hornes eines Uterus entsprach während der Gravidität ziemlich genau dem der "Zwischenstücke" des trächtigen Hornes. Die Ausbildung der Vascularisation in den Mesometrien blieb bei den sterilen Hörnern gegenüber den schwangeren stark zurück.

Die Feststellung dieser makroskopisch sichtbaren Veränderungen der Uteri schwangerer Kaninchen war im Zusammenhang mit der Untersuchung der plastischen Eigenschaften des Myometriums wichtig, um später mögliche Korrelationen zwischen der Erscheinungsform des Muskels und seinem plastischen Verhalten feststellen zu können.

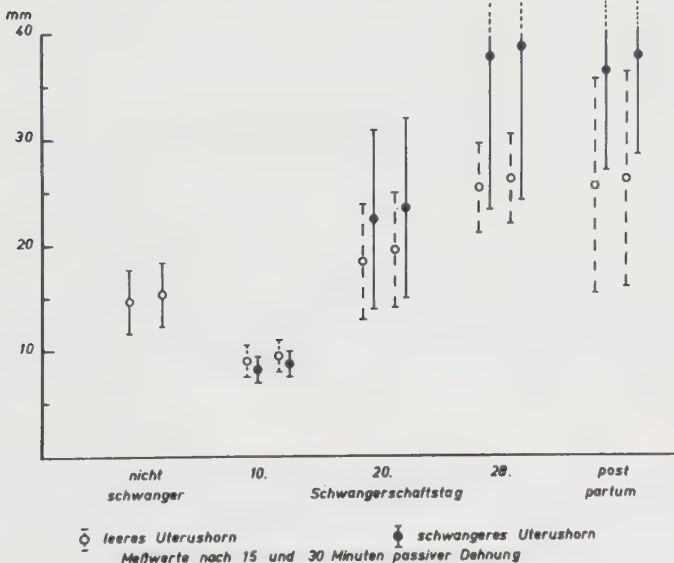
Wie in der Methodik genau beschrieben, wurde die Plastizität der Uterusmuskulatur von Kaninchen mit Hilfe der "plastischen Verlängerung" gemessen. Dabei fiel als erstes auf, daß die bei den einzelnen geschlechtsreifen, nicht schwangeren Versuchstieren ermittelten Werte der plastischen Verlängerung nur eine relativ geringe Streuung aufwiesen. Diese ringförmigen Uterusmuskelpräparate waren nach einer 15 bzw. 30 Minuten langen passiven Dehnung mit dem 100-fachen ihres Eigengewichtes durchschnittlich 11,6 bzw. 12,2 Millimeter länger als zuvor. Der Unterschied zwischen der plastischen Verlängerung der Präparate nach 15 Minuten und 30 Minuten ist sehr klein.

Am 10. Tag der Tragzeit fanden sich plastische Verlängerungen der Myometriumspräparate trächtiger Uterushörner, die noch im Streubereich der für nichtschwängere geschlechtsreife Tiere typischen Normalwerte lagen. Die errechneten Mittelwerte waren sogar kleiner als im nicht schwangeren Zustand. Sie betrugen nach 15 Minuten passiver Dehnung 5,9 Millimeter und nach 30 Minuten 6,4 Millimeter. Vergleicht man damit das plastische Verhalten des Myometriums der dazugehörigen sterilen Hörner, so zeigt sich kein Unterschied. Die plastische Verlängerung dieser Präparate mit durchschnittlich 5,2 Millimeter und 5,6 Millimeter nach 15 Minuten, bzw. 30 Minuten Dehnung entspricht der Muskulatur der "schwangeren Uterushörner".

Ganz andere Ergebnisse bringen die Untersuchungen am 20. Schwangerschaftstag. Die plastische Verlängerung des Myometriums trächtiger Hörner betrug nach adäquater Dehnung 19,5 bzw. 20,6 Millimeter und beim Muskel der sterilen Hörner im Mittel nur 15,5 Millimeter bzw. 16,7 Millimeter.

Gegen Ende der Tragzeit nimmt die "plastische Verlängerung" des Myometriums nach vergleichbarer Belastung noch mehr zu. Am 28. Tag waren die Durchschnittswerte für die schwangeren Uterushörner 34,9 Millimeter nach 15 Minuten und 35,9 Millimeter nach 30 Minuten passiver Dehnung und für das Myometrium der leeren Uterushörner 22,4 Millimeter und 26,1 Millimeter.

Ganz ähnliche Befunde ergaben diese Experimente in den ersten 24 Stunden nach dem Wurf. Die Muskelpräparate schwangerer Uterushörner wurden durch die passive Dehnung 33,6 Millimeter bzw. 35,2 Millimeter länger und jene der sterilen Hörner nur 22,5 Millimeter und 23,4 Millimeter.



In Abbildung 4 ist die durchschnittliche plastische Verlängerung des Myometriums als Funktion der Tragzeit dargestellt.

DISKUSSION

Bei der Betrachtung der gewonnenen Ergebnisse fällt auf, daß die plastische Verlängerung der Muskelpräparate von Kaninchenuteri am Anfang einer Schwangerschaft im biologischen Streubereich von nichtschwangeren, reifen Tieren bleibt. Erst in der zweiten Hälfte der Tragzeit kommt es zu einer starken Zunahme der plastischen Verlängerung nach einer passiven Dehnung. Das besagt, daß das plastische Verhalten des Myometriums deutliche Veränderungen im Verlauf einer Gravidität zeigt. Der Muskel wird in zunehmendem Maße plastisch nachgiebiger. Im ersten Drittel der Tragzeit kam es im allgemeinen zu keiner wesentlichen Veränderung der Plastizität des Myometriums, kurz vor dem Wurf konnte der Uterusmuskel durch ein und die selbe Kraft dreimal so lang plastisch gedehnt werden, wie im nicht schwangeren Zustand. Da bei allen Untersuchungen des Uterus schwangerer Tiere immer nur eine unilaterale Schwangerschaft vorlag, konnten jeweils die Eigenschaften des trächtigen Hornes mit denen des nicht trächtigen verglichen werden. Dabei fand sich in der ganzen Schwangerschaft und vor allem gegen deren Ende eine geringere Plastizität des Myometriums der sterilen Uterushörner. Diese Feststellung kann als ein Hinweis für die Abhängigkeit der Plastizität des Myometriums von den Plazentarhormonen aufgefaßt werden. Es ist ohne weiteres verständlich, daß der lokale Einfluß der Plazentarhormone auf das benachbarte Myometrium zu einem größeren Effekt führt als die Fernwirkung auf das nicht trächtige Horn. Wenn nämlich die in den Ovarien produzierten Hormone alleine für das plastische Verhalten des Myometriums verantwortlich wären, dann müßten beide Uterushörner die gleiche Plastizität aufweisen.

Die zunehmende plastische Dehnbarkeit der Uterusmuskulatur in der Schwangerschaft ist von großer Bedeutung für die Funktion der Gebärmutter als Fruchthalter. Im Verlauf einer Gravidität muß der Uterus der wachsenden Frucht immer mehr Platz zur Verfügung stellen. Die Vergrößerung des Uteruslumens kann aber nur durch Weiterstellung der Wand zustande kommen. Wenn es auch heute sicher ist, daß die Vergrößerung der Uteruswand auf echtes Wachstum des Myometriums durch Hypertrophie und Hyperplasie zurückzuführen ist (ZIMMER), so zeigen diese Untersuchungen doch deutlich, daß hierbei auch die Veränderung der Plastizität eine Rolle spielen muß.

Interessant ist in diesem Zusammenhang die Beobachtung, daß die Uterusmuskulatur in der Schwangerschaft erst dann plastisch nachgiebig wird, wenn die eigentliche Größenzunahme der Frucht beginnt und das ist im zweiten Drittel einer Gravidität (ZIMMER). Damit trägt zur Vergrößerung des Uterus in der Gravidität abgesehen von den Wachstumsvorgängen und der Verminderung der Elastizität des Gewebes auch die Zunahme der Plastizität des Myometriums bei.

Für die Physiologie des Organs erscheinen die plastischen Eigenschaften des Myometriums ganz besonders wichtig im Hinblick auf die Verhältnisse nach der Geburt. Wie die ausgeführten Untersuchungen zeigten, ist die für das Ende der Tragzeit typische vermehrte Plastizität der Uterusmuskulatur auch noch in den ersten Tagen post partum nachweisbar. Hier ist die vermehrte plastische Verformbarkeit der Muskulatur eine wichtige Voraussetzung für die Verkleinerung der Gebärmutter. Während in der Schwangerschaft die Dehnung durch die wachsende Frucht die verformende Kraft darstellt und ein Auseinanderziehen des Gewebes bewirkt, wird post partum die Muskulatur durch die Kraft der Kontraktionen ineinander geschoben. Die rasche Verkleinerung der entleerten Gebärmutter direkt nach der Geburt bis zu einem Fundusstand auf Nabelhöhe ist nur durch die vermehrte plastische Verformbarkeit des Myometriums erklärbar.

Diese Ergebnisse der experimentellen Untersuchung der Plastizität des Myometriums während der Tragzeit stellen damit einen wichtigen Beitrag zur Klärung der Physiologie der Uterusmuskulatur dar.

ZUSAMMENFASSUNG

Das plastische Verhalten der Uterusmuskulatur von 28 unilateral schwangeren Kaninchen wird zu verschiedenen Zeitpunkten der Tragzeit untersucht. Dabei stellt man fest, daß die Plastizität des Myometriums im Verlauf einer Gravidität viermal größer wird als im nicht schwangeren Zustand. Der deutliche Unterschied in der Plastizität zwischen schwangeren und nicht schwangeren Uterushörnern berechtigt zu der Annahme, daß die Plastizität von den in der Plazenta gebildeten Hormonen abhängig ist. Die Veränderungen des plastischen Verhaltens der Uterusmuskulatur in der Schwangerschaft dienen sowohl der Vergrößerung des Uterus in graviditate wie der Verkleinerung post partum.

LITERATURNACHWEIS

FROBOESE, H.

Beiträge zur mikroskopischen Anatomie des Kaninchens. II. und III. Die Schleimhautveränderungen (insbesondere des Cervicalteiles) und das Verhalten von Muskulatur und Bindegewebe während und nach der Trächtigkeit

Zschr. mikrosk.-anat. Forschung, Leipzig 30, 295 (1932)

GANDER, G.

Die Histogenese des Uteruswachstums von Ratte und Maus unter der Wirkung von Ovarial- und Hypophysenvorderlappen-Hormon im Vergleich mit derjenigen während der Schwangerschaft.

Zschr. exper. Med. 72, 44 (1930)

GOERTTLER, K.

Die Architektur der Muskelwand des menschlichen Uterus und ihre funktionelle Bedeutung

Gegenbaurs Morph. Jb. 65, 45 (1930)

STIEVE, H.

Muskulatur und Bindegewebe in der Wand der menschlichen Gebärmutter außerhalb und während der Schwangerschaft, während der Geburt und des Wochenbettes.

Zschr. mikrosk.-anat. Forschung, Leipzig 17, 371 (1929)

ZIMMER, F.

Die Dehnbarkeit der Uterusmuskulatur in verschiedenen Funktionszuständen

Zschr. Biol. 110, 441 (1958)

ZIMMER, F.

Die elastischen Eigenschaften des Myometriums und ihre Bedeutung

Bibl. Gynaec. 20, 21, S. Karger, New York - Basel (1959)

Meinen herzlichen Dank möchte ich
Herrn Professor Dr. W. Bickenbach
für die Überlassung des Themas und
Herrn Dr. med. F. Zimmer für die
freundliche Unterstützung im Verlauf
der Arbeit aussprechen.

LEBENS LAUF

Am 28. November 1933 kam ich als 3. Kind eines praktischen Arztes in München zur Welt. Von einigen Kriegsjahren abgesehen besuchte ich hier die Volksschule und trat im Herbst 1945 in das humanistische Maximilians-Gymnasium ein, an dem ich im Sommer 1953 das Abitur bestand. Im Herbst desselben Jahres begann ich an der Universität zu München mit dem Studium der Medizin und konnte im Juni 1959 das medizinische Staatsexamen ablegen. Danach begann ich an der I. Frauenklinik der Universität meine Medizinalassistentenzeit und übernahm eine experimentelle Arbeit. Nach sechs Monaten interner Ausbildung im städt. Krankenhaus Mü.-Oberföhring und sieben Monaten chirurgischer Ausbildung im städt. Krankenhaus München Rechts der Isar erhielt ich die Approbation als Assistent und am selben Haus im November 1961 eine chirurgische Assistentenstelle.

Im November 1963 mußte ich aus familiären Gründen in die Allgemeinpraxis meines Vaters eintreten, die ich später einmal übernehmen werde.

